

Le premier pas vers la liquéfaction de l'hélium, d'après la théorie de M. van der Waals, a été la détermination des isothermes, particulièrement de celles qui correspondent aux basses températures qu'on peut obtenir à l'aide de l'hydrogène liquide. Elles donnaient (Communication n° 102 du Laboratoire de Leyde, 1907), pour la température critique de l'hélium, 5° à 6° sur l'échelle de Kelvin. Or, disposant du cycle d'hydrogène liquide qui est établi à Leyde (Communication n° 94, 1906) pour les mesures de précision prolongées et qui permet de continuer un refroidissement à 15° K. aussi longtemps qu'on le désire, d'après un théorème développé dans la Communication n° 23, 1896 (2), on pouvait liquéfier statiquement un gaz ayant la température critique de l'hélium par une circulation prolongée dans un cycle *conforme* à ce cycle d'hydrogène liquide et travaillant dans des circonstances *correspondantes*. La méthode, la construction des appareils et

(1) Reçue dans la séance du 17 août 1908.

(2) Je m'occupais alors de liquéfier statiquement l'hydrogène.

les expériences qui ont servi à atteindre ce but sont décrites en détail dans le Supplément du procès-verbal de la séance du 27 juin dernier de l'Académie d'Amsterdam, où j'ai signalé aussi l'importance qu'ont eue pour le succès, à côté de la théorie de M. van der Waals, les moyens que M. Dewar a mis à la disposition des physiciens. Je prends la liberté de présenter un extrait de ce Mémoire.

200^l d'hélium très pur sont mis en circulation à raison de 1400^l normaux par heure, aussi longtemps qu'on le désire, par un compresseur de Cailletet à plongeur de mercure, modifié comme cela a été décrit dans les Communications nos 14 et 54 (1894 et 1900) (1), et précédé du compresseur auxiliaire. L'hélium, comprimé jusqu'à 100^{atm} avant d'entrer dans le régénérateur à robinet d'expansion, est refroidi jusqu'à 15° K. par l'hydrogène liquide s'évaporant sous la pression de 6^{cm} dans un réfrigérateur, où il est admis d'après les indications d'un verre gradué et d'un thermomètre indicateur de niveau.

L'hélium liquide est recueilli dans le fond non argenté d'un verre évidé à double paroi, argenté pour le reste. La partie transparente est entourée par de l'hydrogène liquide dans un verre évidé à double paroi, entouré lui-même d'un verre semblable rempli d'air liquide, qui est entouré à son tour par un verre à alcool qu'on tient un peu chauffé par une circulation. L'appareil restait parfaitement transparent jusqu'à la fin de l'expérience (5 heures après la mise en marche de la circulation d'hélium).

L'expérience a commencé le 10 juillet à 5^h45^m du matin, 75^l d'air liquide ayant été préparés d'avance à l'aide de la cascade de cycles à régénérateurs du laboratoire (Communications n° 14, 1894, n° 94, f. xiii, 1906, et Supplément n° 18, 1907). A 1^h30^m, 20^l d'hydrogène liquide étaient prêts. A 4^h20^m, l'hélium commençait à circuler. A 7^h30^m, l'hélium liquide fut observé pour la première fois. La formation de la première quantité a échappé à l'observation; mais, après, on a vu la surface du liquide se déplacer sous le souffle de l'hélium sortant du robinet et le liquide s'accumuler.

La surface du liquide transparent et incolore était rendue bien visible par réflexion en l'éclairant d'en bas. La surface, une fois observée, ne fut plus perdue de vue. On la voyait traversée par les fils du couple thermométrique. En regardant à travers les trois verres, on voyait à la fois les ménisques de l'air liquide, de l'hydrogène liquide et de l'hélium liquide. La différence de ce dernier liquide exceptionnel avec les autres sautait aux yeux. La capillarité de l'hélium est extrêmement petite; la surface de l'hélium

(1) J'ai appliqué le compresseur Cailletet aussitôt qu'il a été connu, il y a 25 ans. Depuis lors je m'en suis servi régulièrement pour comprimer les gaz extrêmement purs en travail continu. Les excellents services que le compresseur à plongeur de mercure m'a rendus dans le *cycle d'hélium* m'ont récompensé du travail que j'ai consacré à réaliser la belle idée de construction de M. Cailletet.

liquide s'applique contre les parois comme la lame d'un couteau. Elle ressemble tout à fait à un ménisque d'acide carbonique dans un tube Cagniard de la Tour; seulement, dans le cas présent, le diamètre du tube était de 5^{cm}.

L'hélium est resté à l'état liquide pendant plus de deux heures. Lorsqu'il y en avait encore 60^{cm³}, on a recueilli séparément le gaz qui s'en dégagait. La densité du liquide a été trouvée 0,154. Le point d'ébullition, déterminé avec un thermomètre à hélium, fut trouvé 4°, 3. Il faut encore y appliquer les corrections à l'échelle Kelvin à l'aide de l'équation d'état de l'hélium, ce qui fera probablement environ 4°, 5 K. A part quelques points de différence importants, les propriétés de l'hélium ressemblent d'une manière frappante à l'image que M. Dewar, en se fondant sur différentes suppositions, en a donnée dans son adresse de 1902. Le rapport de la densité du liquide à celle de la vapeur est de 11 à 1. On peut en déduire que la température critique n'est pas beaucoup au-dessus de 5° K et la pression critique pas beaucoup au-dessus de 2^{atm}, 3. Des isothermes on déduit plutôt une pression d'environ 3^{atm}, encore bien plus petite que celle des autres corps. Il s'ensuit qu'en soumettant l'hélium à de hautes pressions on peut travailler avec des pressions réduites bien plus hautes qu'on ne les peut réaliser avec d'autres substances. Ce qu'on peut obtenir sous ce rapport en appliquant une pression de 5000^{atm} à l'hélium surpasse ce qu'on atteindrait en soumettant l'acide carbonique, par exemple, à 100000^{atm}.

L'hélium ne s'est pas solidifié lorsque la pression de vapeur a été diminuée. La communication avec la grande pompe à vide n'était pas assez bonne cette fois, mais il est certain que je suis allé jusqu'à 1^{cm}, peut-être même jusqu'à 7^{mm}. Le liquide, à cette température, était encore extrêmement mobile.

S'il se comportait comme le pentane, il ne deviendrait solide que vers 1° K. Pour la force de cohésion α de van der Waals, on a trouvé la valeur extrêmement petite de 0,00005 par un calcul provisoire. Toutes ces mesures et calculs sur les propriétés de l'hélium liquide ne sont naturellement que provisoires.

Dans le Supplément n° 9 des Communications (1904), j'ai exposé l'importance des recherches aux très basses températures.

L'intérêt de ces températures a été encore bien augmenté par le parti que M. Jean Becquerel en a tiré dans l'étude de l'absorption de la lumière, qui l'a conduit à tant de données sur les électrons dans les composés des terres rares et à sa découverte des électrons positifs.

Ce qu'on peut dire des températures très basses qu'on pouvait obtenir jusqu'ici s'applique *a fortiori* à celles qu'on pourra obtenir avec l'hélium liquide.

Naturellement, il sera plus difficile de faire des recherches avec l'hélium liquide qu'avec l'hydrogène liquide. Mais il ne faut pas mesurer les difficultés par celle de la première liquéfaction. Une fois les conditions pour obtenir l'hélium liquide bien connues, la plus grande difficulté est levée, et l'on peut concentrer ses efforts sur l'emploi du nouveau gaz liquéfié. La circulation d'hélium dorénavant pourra travailler au Laboratoire de Leyde d'une manière continue simultanément avec le cycle d'hydrogène, de sorte que des mesures même prolongées seront possibles et pourront donner lieu à des collaborations, d'après l'illustre exemple de Moissan et Dewar.